

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : F01D 11/22, 25/16, F16C 32/06</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/28190</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. Mai 2000 (18.05.00)</p>		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03488</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 2. November 1999 (02.11.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 52 047.6 11. November 1998 (11.11.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): REICHERT, Amd [DE/DE]; Mainstrasse 31, D-47051 Duisburg (DE). BECKER, Bernard [DE/DE]; Lothringer Weg 2 N, D-45481 Mülheim an der Ruhr (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: IN, JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03488</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 2. November 1999 (02.11.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 52 047.6 11. November 1998 (11.11.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): REICHERT, Amd [DE/DE]; Mainstrasse 31, D-47051 Duisburg (DE). BECKER, Bernard [DE/DE]; Lothringer Weg 2 N, D-45481 Mülheim an der Ruhr (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: IN, JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03488</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 2. November 1999 (02.11.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 52 047.6 11. November 1998 (11.11.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): REICHERT, Amd [DE/DE]; Mainstrasse 31, D-47051 Duisburg (DE). BECKER, Bernard [DE/DE]; Lothringer Weg 2 N, D-45481 Mülheim an der Ruhr (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: IN, JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>			
<p>(54) Title: SHAFT BEARING FOR A TURBO-MACHINE, TURBO-MACHINE AND METHOD FOR OPERATING A TURBO-MACHINE</p> <p>(54) Bezeichnung: WELLENLAGER FÜR EINE STRÖMUNGSMASCHINE, STRÖMUNGSMASCHINE SOWIE VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER STRÖMUNGSMASCHINE</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> </div>				
<p>(57) Abstract</p> <p>The invention relates to shaft bearing (1) for the rotor (2) of a turbo-machine (19) which extends along a rotor pin (3). Said shaft bearing (1) has a bearing element (5) with a bearing surface (15). Said bearing surface (15) supports an associated rotor surface (7) and the bearing element (5) can be axially displaced. The invention further relates to a turbo-machine (19) and to a method for operating said turbo-machine (19).</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Die Erfindung betrifft ein Wellenlager (1) für den Rotor (2) einer Strömungsmaschine (19), welcher sich entlang einer Rotorachse (3) erstreckt. Das Wellenlager (1) weist ein Lagerelement (5) mit einer Lagerfläche (15) auf, wobei die Lagerfläche (15) der Lagerung einer zugeordneten Rotorfläche (7) dient und das Lagerelement (5) axial verschieblich ist. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Strömungsmaschine (19) sowie ein Verfahren zum Betrieb einer Strömungsmaschine (19).</p>				

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Wellenlager für eine Strömungsmaschine, Strömungsmaschine sowie Verfahren zum Betrieb einer Strömungsmaschine

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Wellenlager für den Rotor einer Strömungsmaschine, welcher sich entlang einer Rotorachse erstreckt, mit einem ersten Lagerelement, welches eine erste Lagerfläche aufweist, und einem zweiten Lagerelement, welches eine zweite Lagerfläche aufweist. Die Erfindung be-
10 trifft weiterhin eine Strömungsmaschine mit einem Rotor, welcher sich entlang einer Rotorachse durch ein Gehäuse erstreckt und wobei das Gehäuse eine konische Innenwand aufweist. An dem Rotor sind Laufschaufeln angeordnet, die jeweils ein der Innenwand zugewandtes Schaufelende aufweisen,
15 das analog zur Innenwand konisch ist. Die Strömungsmaschine weist ein Wellenlager der oben genannten Art auf. Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Betrieb einer Strömungsmaschine, bei dem eine Verschiebung des Rotors gegenüber
20 dem Gehäuse durchgeführt wird.

In der WO 93/20335 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kontrolle einer Spaltbreite zwischen dem Schaufelende einer Laufschaufel und einem feststehenden Gehäuse einer rotierenden Maschine mit einem Turbinenteil und einem Kompressor-
25 teil beschrieben. Die Kontrolle der Spaltbreite erfolgt hierbei so, daß während des Anfahrens der Gasturbine, des Abschaltens der Gasturbine sowie bei Lastwechseln der Gasturbine die Spaltbreite größer ist als während eines kontinuierlichen Betriebes der Gasturbine. Hieraus wird die Gefahr eines Anstreichens einer Turbinenschaufel an das Gehäuse während
30 des Anfahrens, des Abfahrens und Lastwechsel vermindert. Hierzu sind die Rotoren von Verdichter und Turbine fest miteinander verbunden, so daß sie einen einzigen Rotor bilden.
35 Die Gehäuse des Verdichters und die Turbine sind voneinander getrennt und das Verdichtergehäuse ist gegenüber dem Turbinengehäuse verschieblich angeordnet. Durch eine Verschiebung

des Verdichtergehäuses erfolgt gleichzeitig eine Verschiebung des gesamten Rotors und damit eine Verschiebung zwischen Turbinenlaufschaukeln und dem Turbinengehäuse.

- 5 In der US-PS 1,823,310 ist eine Turbine, insbesondere eine Dampfturbine, beschrieben, bei der Mittel für eine axiale Verschiebung des Rotors vorgesehen, so daß eine größere Spaltbreite zwischen Turbinenlaufschaukeln und Turbinengehäuse während des An- und Abfahrens der Turbine gegeben ist
10 als während der normalen Betriebsbedingungen der Turbine. Hierdurch wird ein Anstreifen oder eine Beschädigung der Turbinenlaufschaukeln verhindert. Die Mittel zur Verschiebung der Laufschaukeln wirken auf ein Drucklager ein. Dieses ist mit dem Rotor so verbunden ist, daß bei einer axialen Verschiebung des Drucklagers auch der Rotor verschoben wird. Die
15 Mittel umfassen hierbei ein System aus Zahnrädern und Zahnstangen, durch welches das Drucklager und damit auch der Rotor axial verschoben werden. Das gleiche Prinzip der Einstellung der Spaltbreite zwischen Laufschaukeln einer Turbine und einem Turbinengehäuse wird in der FR 2 722 836 A1 für eine Gasturbine mit einem Verdichter angewandt. Die Gasturbine ist hierbei an einem turbinenseitigen Ende axial beweglich in einem Lager gelagert. Eine weitere Lagerung der Gasturbine erfolgt an einem verdichterseitigen Ende über ein Kugellager,
25 welches eine axiale Fixierung der gesamten Gasturbine bewirkt. Dieses mit dem Rotor der Gasturbine fest verbundene Kugellager ist über eine Vorrichtung axial verschiebbar, wodurch auch eine axiale Beweglichkeit des Rotors gegenüber dem Turbinengehäuse gegeben ist. Die Verschieblichkeit des Kugellagers und damit des Rotors gegenüber dem Turbinengehäuse be-
30 trägt größenordnungsmäßig ± 2 mm.

In der US-PS 5,263,817 sind ein Radialverdichter und eine Gasturbine mit einer Vorrichtung für eine aktive Spaltbreitenkontrolle zwischen Laufschaukeln und feststehendem Gehäuse
35 angegeben. An dem Rotor ist ein Kugellager angebracht, dessen äußere Lauffläche in das Gehäuse so eingespannt ist, daß noch

eine geringe axiale Beweglichkeit gegeben ist, die durch einen Anschlag begrenzt ist. Die äußere Lauffläche des Lagers ist hierbei zwischen dem Anschlag und einem elektromagnetischen Antrieb eingespannt, die jeweils fest mit dem Gehäuse verbunden sind. Der elektromagnetische Antrieb weist einen Elektromagneten auf, welcher axial benachbart zu einer radialen, fest mit dem Läufer verbundenen ferromagnetischen Scheibe ist. Je nach Stärke des durch den Elektromagneten erzeugten magnetischen Feldes wird die Scheibe mehr oder weniger angezogen, wodurch die axiale Position des gesamten Rotors veränderbar ist. Hierdurch ist eine aktive Kontrolle der axialen Position einer Laufschaufel und damit der Spaltbreite zwischen Laufschaufel und konischem Gehäuse der Turbine einstellbar.

15 Die DE 42 23 495 A1 zeigt eine Gasturbine, bei der eine Rotorschiebeeinrichtung zur Einstellung eines kleinen Schaufelspiels vorgesehen ist. Die Rotorschiebeeinrichtung besteht aus einem zweiteiligen Pendelgehäuse für die Aufnahme eines Axiallagers, zwei ringförmigen, am Ansauggehäuse befestigten Trägerplatten, auf welchen Druckdosen angebracht sind, mit denen die gesamte Lagerposition und damit die Position des Rotors so einstellbar ist, daß in der Start- und Auslaufphase der Gasturbine ein vergrößertes Spiel im kegelförmigen Schaufelkanal einstellbar ist.

Allen bekannten Vorrichtungen des Standes der Technik zur Verschiebung eines Rotors einer Strömungsmaschine gemeinsam ist ein erheblicher apparativer Aufwand sowie ein Eingriff in die Konstruktion eines Gehäuses oder eines Rotors mit einer entsprechenden Störanfälligkeit.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung anzugeben, welche eine einfache axiale Verschiebung des Rotors ermöglicht. Weitere Aufgaben der Erfindung sind es, eine Strömungsmaschine mit einem axial verschieblichen Rotor sowie ein

Verfahren zum Betrieb einer Strömungsmaschine mit axial verschieblichem Rotor anzugeben.

- Erfindungsgemäß wird die auf eine Vorrichtung gerichtete Aufgabe durch ein Wellenlager gelöst, das ein Lagerelement mit einer Lagerfläche aufweist, wobei das Lagerelement mit der Lagerfläche der Lagerung einer Rotorfläche dient und zur Verschiebung des Rotors axial verschieblich ist.
- 10 Die Erfindung geht hierbei von der Erkenntnis aus, daß durch eine konstruktive Umgestaltung eines Wellenlagers derart, daß die Verschiebung eines Rotors über das Wellenlager erfolgt, ohne eine wesentliche konstruktive Änderung des Rotors bzw. eines Gehäuses einer Strömungsmaschine erreichbar ist. Dies
- 15 erfolgt erfindungsgemäß dadurch, daß ein der Lagerung einer Rotorfläche dienendes Lagerelement axial verschieblich ist. Axial verschieblich bedeutet hier eine Verschieblichkeit in axialer Richtung gegenüber einem Fixpunkt, so daß infolge der Lagerung der Rotorfläche auch der Rotor selbst axial verschieblich ist. Das Wellenlager ist hierbei axial fixiert.
- 20 Vorzugsweise erfolgt hierbei eine Anordnung eines Wellenlagers zwischen zwei radialen Rotorflächen des Rotors, wobei ohne konstruktive Änderungen am Rotor und am Gehäuse eine Verschiebung des Rotors über das Wellenlager möglich ist.
- 25 Hierzu ist zumindest ein Lagerelement und damit eine Lagerfläche axial verschieblich. Bei einer axialen Verschiebung dieses Lagerelementes tritt gleichzeitig eine axiale Verschiebung des Rotors auf.
- 30 Dies ist insbesondere vorteilhaft bei Strömungsmaschinen wie Verdichtern, Gasturbinen und Dampfturbinen. Hierdurch lassen sich Strömungsverluste in radialen Spalten einer Turbine, insbesondere einer stationär betriebenen Gasturbine mit einer konischen Innenwand, verringern. Die radialen Spalte sind
- 35 hierbei Freiräume zwischen der radial äußeren Kante von auf dem Rotor aufgebrachten Laufschaufeln und den gegenüberliegenden Gehäuseteilen (Innenwand). Aufgrund der Druckdifferenz

zwischen der Druck- und der Saugseite der Laufschaufeln strömt während des Betriebs der Turbine Aktionsfluid durch diese Spalte; im Falle einer Gasturbine Gas. Der durch die Spalte strömende Massenstrom nimmt nicht an der Arbeitsumsetzung in den axial voneinander beabstandeten Reihen von Laufschaufeln teil und mindert dadurch den Wirkungsgrad der Turbine. Bei einer Gasturbine können ca. 30% der Strömungsverluste durch Spaltleckagen verursacht sein. Dies bedeutet eine Absenkung des Wirkungsgrades der Gasturbine um bis zu 4%. Die Größe des Leckmassenstroms und damit auch die Höhe der verursachten Strömungsverluste wird durch die Spaltweite der Radialspalte bestimmt. Hierbei kommt es für stationär arbeitende Gasturbinen auf die sich im Betrieb in der Beharrung, d.h. während des eingestellten Leistungsbetriebszustands, sich einstellenden Spaltweite an. Diese Spaltweite wird im folgenden als Warmspalt bezeichnet. Gründe für das Vorhandensein dieser Warmspalte sind beispielsweise durch Fertigungstoleranzen bewirkte Abweichungen sowie eine Sicherheitsreserve, beispielsweise für außergewöhnliche Betriebszustände im Falle von Erdbeben oder dergleichen. Etwa die Hälfte des sich einstellenden Warmspaltes entsteht durch zeitabhängige Dehnungen der einzelnen Turbinenkomponenten, wobei sich ein stationärer Zustand des Warmspaltes nach einer vollständigen Durchwärmung der Turbine einstellt, wobei in diesem Betriebszustand der Turbine die einzelnen Turbinenkomponenten, wie Gehäuseteile oder Laufschaufeln, stark unterschiedliche Temperaturen annehmen können, die u.a. auch Verkrümmungen der einzelnen Bauteile bewirken können. Mit dem angegebenen Wellenlager ist u.a. auf einfache Art und Weise nach Erreichen eines stationären Betriebszustandes, insbesondere eines Leistungsbetriebszustandes einer Strömungsmaschine, eine axiale Verschiebung des Rotors durchführbar, so daß die Größe des Warmspaltes unter Berücksichtigung gegebenenfalls vorhandener Fertigungsabweichungen sowie Sicherheitsreserven auf einen vorgebbaren möglichst geringen Wert einstellbar ist.

Vorzugsweise weist das Wellenlager eine weitere Lagerfläche auf, die von der anderen Lagerfläche axial beabstandet ist. Beide Lagerflächen dienen hierbei der Lagerung einer jeweils anderen untereinander axial beabstandeten Rotorfläche. Jede der Lagerflächen kann hierbei durch ein einzelnes, insbesondere ringförmiges Lagerelement oder durch eine Vielzahl von Lagerelementen gebildet sein. Die beiden Lagerflächen sind hierbei jeweils axial verschieblich über entsprechende Lager Elemente ausgebildet. Das Wellenlager ist hierbei ein Schublager, bei dem es eine belastete Seite (Lagerfläche) gibt, die den überwiegend in dieser Richtung auftretenden Axialschub des Rotors aufnimmt, und eine unbelastete Seite (die weitere Lagerfläche), die beispielsweise in Übergangszuständen (Start) oder in Störfällen kurzzeitig Last aufnimmt. Beide Lagerflächen sind hierbei während des Betriebs des Lagers mit einem entsprechenden Schmierfilm (Ölfilm) versehen, so daß sie als entsprechende Gleitflächen dienen. Ein durch den Schmierfilm vorhandenes Lagerspiel liegt hierbei bevorzugt in der Größenordnung von einigen Zehntel Millimetern. Durch ein, insbesondere gleichgerichtete, Verschiebung der beiden Lagerflächen kann das sich einstellende Lagerspiel aufrechterhalten werden. Hierdurch wird ein einseitiges, kleineres Lagerspiel an einer der Lagerflächen vermieden, so daß keine zusätzlichen Verluste auftreten. Weiterhin wird hierdurch ein zu großes Lagerspiel vermieden, welches bei einer wechselnden Achsschubrichtung des Rotors zu ungewünschten heftigen Bewegungen des Rotors mit hohen Spitzenbeschleunigungen und Massenkräften führen könnte.

Es ist ebenfalls denkbar, daß eine Lagerfläche durch eine axiale Verschiebung eines Lagerelementes oder mehrerer Lagerelemente axial verschiebbar ist und die andere Lagerfläche axial fixiert ist. In diesem Fall erfolgt eine Verschiebung des Rotors nur über eine Lagerfläche, wodurch eine Ausführung des Wellenlagers mit geringerem konstruktivem und versorgungstechnischem Aufwand erreichbar ist.

Das axial verschiebbliche Lagerelement ist vorzugsweise ein axial verschieblicher Ringkolben. Hierdurch ist eine besonders gleichmäßige Belastung des Wellenlagers sowie der Rotorflächen erreichbar. Dies ist weiterhin besonders günstig, wenn das axial verschiebbliche Lagerelement auf hydraulischem Wege verschieblich ist, da hierbei eine gleichmäßige Druckverteilung über den gesamten Umfang des Ringkolbens gewährleistet ist. Es ist allerdings ebenfalls möglich, eine Vielzahl axial verschieblicher Lagerelemente (Lagerklötze) vorzusehen, die insbesondere auf einem den Rotor konzentrisch umgebenden Kreis angeordnet sind.

Das verschiebbliche Lagerelement ist vorzugsweise auf hydraulischem Wege verschieblich. Hierbei wird das Lagerelement mit einem Hydraulikfluid, insbesondere einem Öl beaufschlagt, so daß eine Verschiebung des Rotors selbst bei einem Vollastbetrieb der Strömungsmaschine gewährleistet ist. Vorzugsweise wird hierbei nach Erreichen einer gewissen axialen Position das für die zur Verschiebung erforderliche Ölvolumen konstant gehalten. Da Öl bekanntermaßen im wesentlichen ein inkompressives Fluid ist, verändert sich bei einem Konstanthalten der Ölmenge dann die axiale Position der Lagerflächen und damit des Rotors auch unter schwankenden Kräften (Axialschub) allenfalls unwesentlich. Um das Ölvolumen entsprechend konstant zu halten, kann von der Verwendung elastischer Zuleitungen (Schläuche) abgesehen werden und es können entsprechend starre Leitungssysteme verwendet werden. Hierdurch ist vermieden, daß bei wechselnden Schubkräften und konstantem Öldruck die axiale Position des Rotors zwischen einem linken Anschlagpunkt und einem rechten Anschlagpunkt wechselt. Ist das Hydraulikfluid, insbesondere das Öl, in einem Raumbereich konstanten Volumens eingesperrt, dann ändert sich bei einer veränderten Schubkraft auch die Gegenkraft auf der Lagerfläche, so daß das Kräftegleichgewicht erhalten bleibt. Für den Fall, daß keine aktive Regelung der axialen Position des Rotors durchgeführt wird, ist vorzugsweise in beiden axialen Richtungen ein Anschlag vorhanden, wobei durch einen entspre-

chenden Öldruck ein dem axialen Schub des Rotors entgegenwirkender und diesen deutlich übersteigender Druck vorhanden ist. Vorzugsweise erfolgt die Verschiebung hierbei über zwei in axialer Richtung verschiebbare Lagerflächen, wobei das Volumen des auf die Lagerflächen drückenden Hydraulikfluids (Öl) so verändert wird, bis sich eine gewünschte axiale Position des Rotors einstellt und dann die jeweiligen Volumina des Hydraulikfluides konstant gehalten werden. Durch die konstanten Volumina wird erreicht, daß die über den Öldruck hervorgerufene, auf die Lagerfläche wirkende Kraft gerade entgegengesetzt gleich dem axialen Schub des Rotors ist. Für die Versorgung mit dem Hydraulikfluid wird vorzugsweise bei einem Wellenlager, welches eine Gleitlagerung über ein Schmiermittel (Hydraulikfluid) vorsieht, auf eine bereits vorhandene Hydraulikversorgung zurückgegriffen. Hierzu kann beispielsweise ein bereits zum Anheben der Welle bei niedrigen Drehzahlen verwendetes Hydrauliksystem benutzt werden, welches in der Lage ist, entsprechend hohe Drücke zu erzeugen. Ein solches System könnte somit gegebenenfalls auch bei Normalbetrieb einer Strömungsmaschine zusätzlich eingeschaltet sein, um eine axiale Verschiebung des Rotors zu bewirken. Hierzu kann eine zusätzliche Hochdruckleitung zum Wellenlager geführt sein. Bei dieser Versorgung steht ein Druck des Hydraulikfluides, insbesondere Öldruck, von bis zu 160 bar zur Verfügung.

Alternativ ist es ebenfalls möglich, eine mechanische Verschiebungseinrichtung zur Verschiebung zumindest eines Lagerelementes vorzusehen. Diese mechanische Verschiebungseinrichtung weist vorzugsweise ein Verschiebungselement, wie eine Spindel oder dergleichen, und einen Verschiebungsantrieb auf. Der Verschiebungsantrieb ist vorzugsweise ein Elektromotor. Andere Möglichkeiten zur Ausgestaltung des Verschiebungsantriebs können mechanische Verschiebungsantriebe sein, welche beispielsweise die Rotation des Rotors bei Betrieb der Strömungsmaschine oder die Strömung des durch die Strömungsmaschine strömenden Aktionsfluides ausnutzen.

Das Wellenlager ist vorzugsweise als ein Gleitlager ausgeführt, bei dem zwischen Lagerfläche und Rotorfläche sich ein Film aus einem Schmiermittel, insbesondere Hydrauliköl, aus-
5 bildet. Ein solches Lager ist besonders vorteilhaft für die Lagerung eines schweren Rotors, wie er beispielsweise bei stationären Gasturbinen zur Erzeugung elektrischen Stroms eingesetzt wird.

10 Die Verschieblichkeit der Lagerflächen und damit des Rotors beträgt vorzugsweise zwischen 0,5 mm und 5 mm. Diese Verschieblichkeit ist vorzugsweise in einer Richtung gegeben, so daß die Spaltbreite zwischen Laufschaufeln der Strömungsmaschine und der Innenwand des Gehäuses der Strömungsmaschine
15 während des normalen Betriebes der Strömungsmaschine reduziert wird.

Das Wellenlager weist vorzugsweise ein Abstandselement, beispielsweise einen Anschlag, auf, durch welches die Einhaltung
20 eines vorgegebenen minimalen Abstandes zwischen den Lagerflächen gewährleistet ist. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn durch das Lagerelement eine Verschiebung des Rotors entgegen der auf den Rotor wirkenden resultierenden Kraft, beispielsweise hervorgerufen durch das durch die Strömungsmaschine strömende Aktionsfluid, erfolgt. In einem sol-
25 chen Fall gewährleistet das Abstandselement selbst bei einem Ausfall der Hydraulikversorgung oder des Verschiebungsantriebes, daß der Rotor eine axiale Position annimmt, die er auch ohne eine axiale Verschiebung durch das Lagerelement angenommen hätte. Hierdurch ist selbst bei einem Ausfall der axialen
30 Verschiebung des Lagerelementes die Betriebssicherheit der Strömungsmaschine gewährleistet. Durch den in einer Gasturbine auftretenden Axialschub wird in diesem Fall der Rotor durch die Gaskräfte in seine Ausgangslage zurückgedrückt.

35

Die auf eine Strömungsmaschine gerichtete Aufgabe wird durch eine solche gelöst, welche ein Gehäuse mit einer sich in

axialer Richtung konisch erstreckenden Innenwand aufweist, und bei der der durch das Gehäuse geführte Rotor Laufschaufeln aufweist, die an ihrem der Innenwand zugewandten Schaufelende zur Innenwand analog konisch verlaufen. Die Strömungsmaschine weist hierbei ein Wellenlager auf, das an eine radiale Rotorfläche angrenzt, vorzugsweise zwischen zwei radialen Rotorflächen angeordnet ist, und zumindest ein axial verschiebliches Lagerelement zur Verschiebung des Rotors aufweist.

10

Durch die zumindest bereichsweise konische (kegelige) Kontur der Innenwand des Gehäuses der Strömungsmaschine erfolgt eine Spaltveränderung, wenn der Rotor relativ zum Gehäuse verschoben wird. Bei der angegebenen Strömungsmaschine ist die Relativlage von Rotor und Gehäuse im Beharrungszustand (stationärer Leistungsbetriebszustand) der Turbine so veränderbar, daß der Warmspalt um den Anteil verringert wird, der die instationären Wärmedehnungen berücksichtigt. Solche instationären Wärmedehnungen treten in der Strömungsmaschine während der Zeitdauer auf, bis sämtliche Komponenten der Strömungsmaschine ihre stationäre für den Betriebszustand charakteristische Betriebstemperatur und damit ihre entsprechenden thermischen Dehnungen (Verkrümmungen) dauerhaft angenommen haben.

25 Vorzugsweise ist die Strömungsmaschine eine Gasturbine, eine Flugtriebwerksturbine oder eine stationäre Gasturbine zur Erzeugung elektrischen Stroms. Eine stationäre Gasturbine kann hierbei eine elektrische Leistung von über 60 MW abgeben.

30 Die Turbine der Strömungsmaschine weist vorzugsweise zumindest zwei axial voneinander beabstandete Reihen von Laufschaufeln (Schaufelreihen) auf, wobei das Gehäuse und/oder die Schaufelenden so gestaltet sind, daß eine axiale Verschiebung des Rotors für jede Schaufelreihe in etwa den gleichen Radialspalt ergibt. Hierzu ist die Schräge (Konizität) in allen Turbinenstufen, d.h. Schaufelreihen, in etwa gleich.

35

Die auf ein Verfahren zum Betrieb einer Strömungsmaschine gerichtete Aufgabe wird dadurch gelöst, daß eine Verschiebung des Lagerelementes eine Verschiebung des Rotors gegenüber dem Gehäuse bewirkt, so daß entsprechend dem Betriebszustand der Strömungsmaschine ein vorgegebener radialer Spalt zwischen 5 Schaufelende und Innenwand eingestellt wird. Dies kann im wesentlichen passiv derart erfolgen, daß von einer aktiven Regelung der Spaltweite abgesehen wird und eine entsprechend dem jeweiligen Betriebszustand vorgegebene Verschiebung des Rotors durchgeführt wird. Eine solche Verschiebung kann beispielsweise dadurch realisiert werden, daß das Lagerelement 10 entweder mit einem Hydraulikfluid eines vorgegebenen Drucks beaufschlagt wird, so daß sich ein vorgegebener Verschiebungswert einstellt, oder das Lagerelement nicht druckbeaufschlagt wird. Die passive Einstellung der Spaltweite beruht 15 somit darauf, entweder keine Verschiebung des Rotors oder lediglich eine vorgegebene Verschiebung des Rotors durchzuführen. Selbstverständlich ist es mit entsprechenden Vorrichtungen auch möglich, eine variable Verschiebung des Rotors 20 durchzuführen.

Vorzugsweise wird eine Verschiebung des Rotors erst dann durchgeführt, wenn ein stationärer Betriebszustand der Strömungsmaschine mit einer dem Betriebszustand entsprechenden 25 vollständigen stationären Temperaturverteilung der einzelnen Komponenten der Strömungsmaschine erreicht ist. Das Erreichen eines solchen Betriebszustandes, insbesondere des normalen Leistungsbetriebszustandes der Strömungsmaschine, kann durch Vorgabe einer vorab bestimmten Zeitdauer, die Messung von 30 Temperaturen im Gehäuse, die Messung von Temperaturdifferenzen, eines sich infolge der Wärmedehnungen einstellenden radialen Spaltes, welcher vorzugsweise gemessen wird, und durch eine Relativverschiebung zwischen Gehäuse und Rotor bestimmt werden. Vorzugsweise wird eine Relativdehnung zwischen Rotor 35 und Gehäuse an dem zumindest als Axiallager dienenden Wellenlager gegenüberliegenden Ende des Rotors gemessen.

Das Wellenlager, die Strömungsmaschine sowie ein Verfahren zum Betrieb der Strömungsmaschine werden anhand des nachfolgenden Ausführungsbeispiels beispielhaft erläutert. Hierbei zeigen in teilweise schematischer und nicht maßstäblicher
5 Darstellung

FIG 1 einen Längsschnitt durch eine Gasturbine,

10 FIG 2 ein Wellenlager mit einem hydraulisch verschieblichen Lagerelement,

FIG 3 ein Wellenlager mit einem elektromechanisch verschieblichen Lagerlement und

15 FIG 4 einen Ausschnitt durch einen Längsschnitt einer Turbine mit konischem Gehäuse.

Figur 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine Strömungsmaschine 19, im vorliegenden Fall eine Gasturbine. Diese weist einen
20 Verdichter 27 sowie die eigentliche Turbine 18 auf. Zwischen Verdichter 27 und Turbine 18 ist eine Brennkammer 28 mit einer Mehrzahl von Brennern 29 angeordnet. Die Gasturbine 19 weist einen Rotor 2 auf, welcher durch nicht näher spezifizierte Rotorscheiben nach dem Zugankerprinzip hergestellt
25 ist. Die Gasturbine 19 weist verdichterseitig ein Wellenlager 1 (siehe Figur 2 und Figur 3) auf. Die eigentliche Turbine 18 hat in einem Gehäuse 20 eine in axialer Richtung sich konisch erweiternde Innenwand 21, welche aus nicht näher spezifizierten Wandsegmenten und Leitschaufeln 30 mit ebenfalls nicht
30 näher spezifizierten Leitschaufeln-Plattformen gebildet ist. Die Leitschaufel-Plattformen und die Wandsegmente können jeweils eine unterschiedliche Neigung gegenüber der Rotorachse 3 des Rotors 2 aufweisen. Mit dem Rotor 2 sind Laufschaufeln 22 verbunden, die in insgesamt vier Laufschaufelreihen 24, 25
35 angeordnet sind, welche axial voneinander beabstandet sind. Jede Laufschaufel 22 weist ein der Innenwand 21 zugewandtes Schaufelende 23 auf, welches eine der Innenwand 21 entspre-

chende Schräge (Neigung gegenüber der Rotorachse 3) besitzt. Zwischen jedem Schaufelende 23 und dem zugeordneten Bereich der Innenwand 21 ist ein radialer Spalt 26 (siehe Figur 4) gebildet. Die Turbine 18 wird während eines normalen Betriebes von einem nicht dargestellten Heißgas durchströmt, welches von der Brennkammer 28 in die Turbine 18 gelangt und aus dieser an einem Turbinenauslaß 31 austritt.

In Figur 2 ist ein Wellenlager 1, welches als feststehendes Gleitlager ausgebildet ist, in einem Längsschnitt dargestellt. Das Wellenlager 1 umschließt den Rotor 2 in Umfangsrichtung und ist axial zwischen zwei radialen Rotorflächen 6, 7 angeordnet. Das Wellenlager 1 weist zwei axial voneinander beabstandete Lagerelemente 4, 5 auf, welche eine jeweilige Lagerfläche 14, 15 besitzt. Die Lagerfläche 15 des Lagerelementes 5 ist der Rotorfläche 7 unmittelbar benachbart und von dieser durch einen Film aus einem Hydraulikfluid (Hydrauliköl) 8 getrennt. Analog hierzu ist die Lagerfläche 14 durch Hydraulikfluid 8 von der Rotorfläche 6 getrennt. Weiterhin liegt ein Film aus Hydraulikfluid 8 in Umfangsrichtung zwischen dem Rotor 2 und dem Wellenlager 1 an. Das Wellenlager 1 ist hierbei ein Axial- und Radiallager. Das Wellenlager 1 kann selbstverständlich als Axiallager ausgebildet sein, wobei ein separates Radiallager vorgesehen sein kann. Das Lagerelement 5 ist axial verschieblich, wobei zur Axialverschiebung in dem Wellenlager 1 ein Ölraum 17 angeordnet ist, in den Hydrauliköl unter einem hohen Druck einspeisbar ist, so daß eine axiale Verschiebung des Lagerelementes 5 erreicht wird. Das Lagerelement 5 weist zum Ölraum 17 hin an einem Innendurchmesser und einem Außendurchmesser jeweils einen Dichtring 32 auf. Das Lagerelement 5 ist vorzugsweise als Kreisringkolben ausgebildet. Das Lagerelement 4 ist vorzugsweise ebenfalls axial verschieblich ausgebildet. Zum Ölraum 17, zum Lagerelement 4 sowie zum Außenumfang des Rotors 2 führt jeweils eine Zuleitung 16 für Hydraulikfluid 8, welche mit einer Hydraulikversorgung 12 verbunden sind. Die Hydraulikversorgung 12 weist ein nicht näher dargestelltes Reser-

- voir für Hydraulikfluid 8 sowie entsprechende Hydraulikpumpen zur Erzeugung eines hohen Druckes (nicht dargestellt) sowie zur Zuführung von Hydraulikfluid an die Lagerflächen 6, 7 sowie den Außenumfang des Rotors 2 auf. Die Hydraulikversorgung 12 ist hierbei vorzugsweise so ausgebildet, daß mit einem entsprechenden Druck Hydraulikfluid zu den Lagerelementen 4 und 5 führbar ist, so daß eine axiale Verschiebung des Rotors 3 erreicht wird. Nach Erreichen der axialen Verschiebung des Rotors 2 ist es über die Hydraulikversorgung 12 oder gegebenenfalls eine andere, nicht dargestellte Einrichtung, beispielsweise mittels einem oder mehreren Absperrventilen, möglich, das Volumen des auf die Lagerelemente 4 und 5 wirkenden Hydraulikfluides jeweils konstant zu halten. Hierdurch ist erreicht, daß aufgrund der Inkompressibilität des Hydraulikfluides selbst bei Änderungen des axialen Schubes des Rotors 2 in dem Wellenlager 1 eine jeweils entgegengerichtete gleich große Gegenkraft erzeugt wird und somit der Rotor 2 in der gewünschten axialen Position verbleibt.
- 20 In Figur 3 ist ebenfalls in einem Längsschnitt eine weitere Ausführungsform eines Wellenlagers 1 dargestellt, welches gegenüber der Ausführungsform nach Figur 2 keine hydraulische Verschiebung des Lagerelements 5, sondern eine Verschiebung des Lagerelementes 5 auf elektromechanischem Wege angibt. Im Hinblick auf die sonstige Ausgestaltung des Wellenlagers 1 gemäß Figur 3 sei auf die Beschreibung zu Figur 2 verwiesen. An das Lagerelement 5 greift im Inneren des Wellenlagers 1 ein Verschiebungselement 10, insbesondere insbesondere eine Spindel, an, welches durch einen Verschiebungsantrieb 11, hier ein Elektromotor, in axialer Richtung beweglich ist. Mit weiteren nicht dargestellten Komponenten, wie eine Stromversorgung mit entsprechenden elektrischen Leitungen, bilden das Verschiebungselement 10 und der Verschiebungsantrieb 11 eine mechanische Verschiebungseinrichtung 9 zur axialen Verschiebung des Lagerelementes 5.

In dem Wellenlager 1 ist ein Abstandselement 13 (siehe Figur 2 oder 3), hier als ein Anschlag ausgeführt, vorgesehen. Durch das Abstandselement 13 ist eine axiale Verschiebung des Lagerelements 5 in Richtung des Lagerelements 4 begrenzt. Hierdurch ist auch eine axiale Bewegung des Rotors 2 in Richtung des Lagerelements 4 begrenzt. Dies stellt sicher, daß keine Verschiebung des Rotors 2 in Richtung zum Turbinenaus- tritt 31 erfolgt, welche nicht durch reine Wärmedehnungen hervorgerufen wird und zu einer Verbreiterung des Radial- spalts und damit höheren Wirkungsgradverlusten führt. Selbst bei einem Ausfall der Hydraulikversorgung bzw. der Verschie- bungseinrichtung 9 ist somit der Radialspalt 26 nicht größer als bei einer Gasturbine 19, welche keinerlei Ausgleich des radialen Spaltes 26 infolge von Wärmedehnungen des Rotors 2 durchführt.

In Figur 4 ist eine weitere Ausführungsform eines Wellenla- gers 1, welches als ein axiales Gleitlager ausgebildet ist, dargestellt. Gegenüber den in den Figuren 2 und 3 dargestell- ten Ausführungsformen umschließt das Wellenlager 1 einen sich in radialer Richtung erstreckenden Wellenringbereich, welcher die beiden Rotorflächen 6 und 7 bildet. An die beiden Rotor- flächen 6 und 7 grenzen jeweils die beiden Lagerflächen 14 und 15 an und sind von den Rotorflächen 6 und 7 jeweils durch ein entsprechendes Schmiermittel, insbesondere Hydrauliköl, beabstandet. Hinsichtlich der weiteren Wirkungsweise und kon- struktiven Ausgestaltung des Wellenlagers 1 sei auf die Aus- führungen bezüglich der Ausführungsformen gemäß Figuren 2 und 3 verwiesen.

In Figur 5 ist in einem Querschnitt ein Wellenlager 1 darge- stellt, welches eine im wesentlichen kreisringförmige Lager- fläche 14 aufweist. Die Lagerfläche 14 ist durch eine Mehr- zahl von Lagerelementen 4, Lagerklötzen, gebildet. Die La- gerelemente 4 können hierbei jeweils einzeln in axialer Rich- tung verschiebbar sein oder gruppenweise oder alle zusammen mittels eines ringförmigen Kraftübertragungselementes, wel-

ches nicht dargestellt ist, in axialer Richtung bewegt werden. Es ist selbstverständlich möglich, daß die Lagerfläche 14 durch ein einziges kreisringförmiges Lagerelement gebildet ist.

5

In Figur 6 ist in einem Längsschnitt ein Ausschnitt durch eine Strömungsmaschine 19 mit sich konisch erweiterndem Gehäuse 20 dargestellt. Auf einem Rotor 2 ist beispielhaft eine Laufschaufel 22 dargestellt, deren Schaufelende 23 analog zur Innenwand 21 des Gehäuses mit der gleichen Schräge ausgeführt ist. Die gestrichelt dargestellte Laufschaufel 22 entspricht einem Betriebszustand der Strömungsmaschine 19, bei der eine Wärmedehnung des Rotors 2 stattgefunden hat. Durch diese Wärmedehnung ist ein relativ großer radialer Spalt 26A zwischen dem Schaufelende 23 und der Innenwand 21 entstanden, durch welchen Strömungsverluste in der Strömungsmaschine 19 auftreten, die eine Verringerung des Wirkungsgrades bedingen. Die durchgezogen dargestellte Laufschaufel 22 stellt einen Betriebszustand der Strömungsmaschine 19 dar, bei der über ein Wellenlager 1 gemäß Figur 2 oder 3 eine Verschiebung des Rotors 2 zur Verringerung des radialen Spaltes 26 durchgeführt wurde. Der radiale Spalt 26 ist mithin deutlich schmaler als der radiale Spalt 26A bei unverschobenem Rotor 2. Durch die Verschiebung des Rotors 2 über das Wellenlager 1 mit einem axial verschieblichen Lagerelement 5 wird eine Verringerung der Strömungsverluste in den radialen Spalten 26 der Strömungsmaschine 19 erreicht. Besonders wirksam ist dieses Verfahren zur Verringerung der Strömungsverluste bei stationär betriebenen Gasturbinen, welche über einen langen Zeitraum in einem Leistungsbetriebszustand gefahren werden.

30

Patentansprüche

1. Wellenlager (1) für den Rotor (2) einer Strömungsmaschine (19), welcher sich entlang einer Rotorachse (3) erstreckt,
5 mit einer Lagerfläche (15), die durch zumindest ein Lagerelement (5) gebildet ist und der Lagerung einer Rotorfläche (7) dient, wobei das Lagerelement (4,5) zur Verschiebung der Rotorfläche (7) axial verschieblich ist.
- 10 2. Wellenlager (1) nach Anspruch 1, bei dem eine weitere Lagerfläche (14) vorgesehen ist, die durch zumindest ein weiteres Lagerelement (4) gebildet ist und zur Lagerung einer weiteren Rotorfläche (6) dient, wobei die weitere Lagerfläche (14) von der Lagerfläche (15) axial beabstandet ist und das
15 weitere Lagerelement (14) axial verschieblich ist.
3. Wellenlager (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das axial verschiebliche Lagerelement (4,5) ein axial verschieblicher Ringkolben ist.
20
4. Wellenlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit einer mechanischen Verschiebungseinrichtung (9), die ein Verschiebungselement (10) und einen Verschiebungsantrieb (11) umfaßt.
25
5. Wellenlager (1) nach Anspruch 4, bei dem der Verschiebungsantrieb (11) einen Elektromotor aufweist.
6. Wellenlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem
30 das axial verschiebliche Lagerelement (4,5) auf hydraulischem Wege verschieblich ist.
7. Wellenlager (1) nach Anspruch 6, wobei eine Hydraulikversorgung (12) vorgesehen ist, die zur gleichzeitigen Bereitstellung von Hydraulikfluid (8) für zumindest eine Lagerfläche (14,15) und für die Verschiebung des Lagerelementes (4,5) vorgesehen ist.
35

8. Wellenlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
mit einem Abstandselement (13) zur Einhaltung eines vorgege-
benen minimalen axialen Abstandes zwischen den Lagerflächen
5 (14,15).

9. Wellenlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
das als Gleitlager mit einem Schmiermittel (8) zwischen La-
gerfläche (14,15) und Rotorfläche (6,7) ausgebildet ist.

10

10. Wellenlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Verschieblichkeit der Lagerflächen (14,15) zwi-
schen 0,5 mm und 5 mm beträgt.

15 11. Strömungsmachine (19) mit einem Rotor (2), welcher sich
entlang einer Rotorachse (3) durch ein Gehäuse (20) er-
streckt, welches Gehäuse (20) eine konische Innenwand (21)
aufweist, an welchem Rotor (2) Laufschaufel (22) angeordnet
sind, die jeweils ein der Innenwand (21) zugewandtes Schau-
20 felende (23) aufweisen, das analog zur Innenwand (21) konisch
ist, mit einem Wellenlager (1) mit zumindest einem axial ver-
schieblichen Lagerelement (5), welches eine Lagerfläche (15)
aufweist, die einer Rotorfläche (7) unmittelbar benachbart
ist, und welches der Axialverschiebung der Rotorfläche (7)
25 dient.

12. Strömungsmachine (19) nach Anspruch 11, die eine Gastur-
bine ist, welche insbesondere stationär angebracht ist.

30 13. Strömungsmachine (19) nach Anspruch 11 oder 12, die zu-
mindest zwei axial beabstandete Reihen (24, 25) von Lauf-
schaufeln (22) aufweist, wobei das Gehäuse und/oder die
Schaufelenden (23) so gestaltet sind, daß eine axiale Ver-
schiebung des Rotors (2) für jede Reihe (24, 25) den gleichen
35 radialen Spalt (26) ergibt.

19

14. Verfahren zum Betrieb Strömungsmaschine (19) nach Anspruch 11, 12 oder 13, bei dem durch eine Verschiebung des Lagerelementes (4, 5) eine Verschiebung des Rotors (2) gegenüber dem Gehäuse (20) durchgeführt wird, so daß entsprechend dem Betriebszustand der Strömungsmaschine (19) ein radialer Spalt (26) zwischen Schaufelende (23) und Innenwand (21) eingestellt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem der radiale Spalt (26) bei Erreichen des Leistungsbetriebszustandes der Strömungsmaschine (19) eingestellt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, bei dem das Erreichen des Leistungsbetriebszustandes der Strömungsmaschine (19) über eine vorgegebene Zeitdauer, ein sich infolge von Wärme-
dehnungen einstellender axialer Spalt (26) und/oder durch eine Relativverschiebung zwischen Gehäuse (20) und Rotor (3) bestimmt wird.

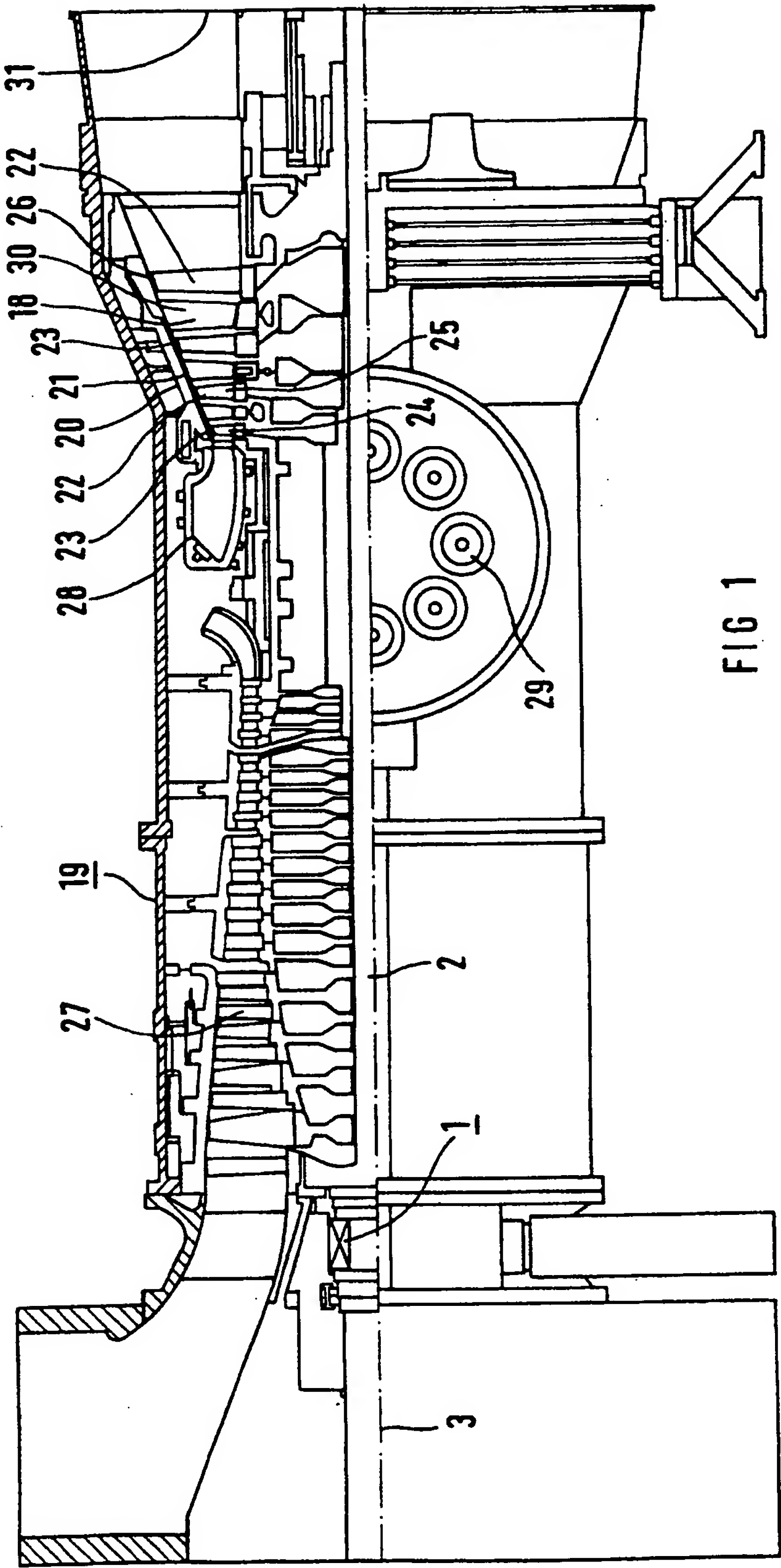
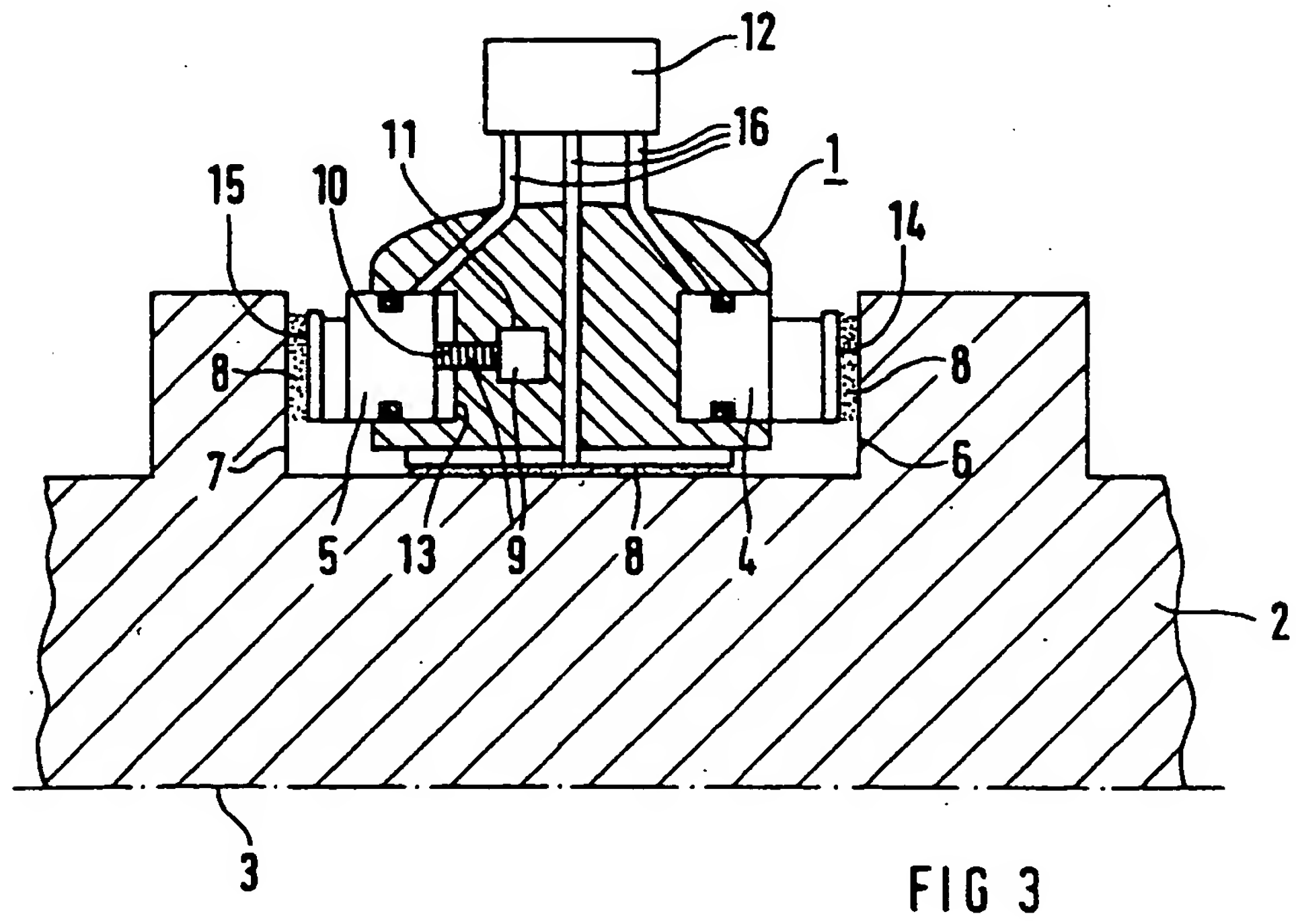
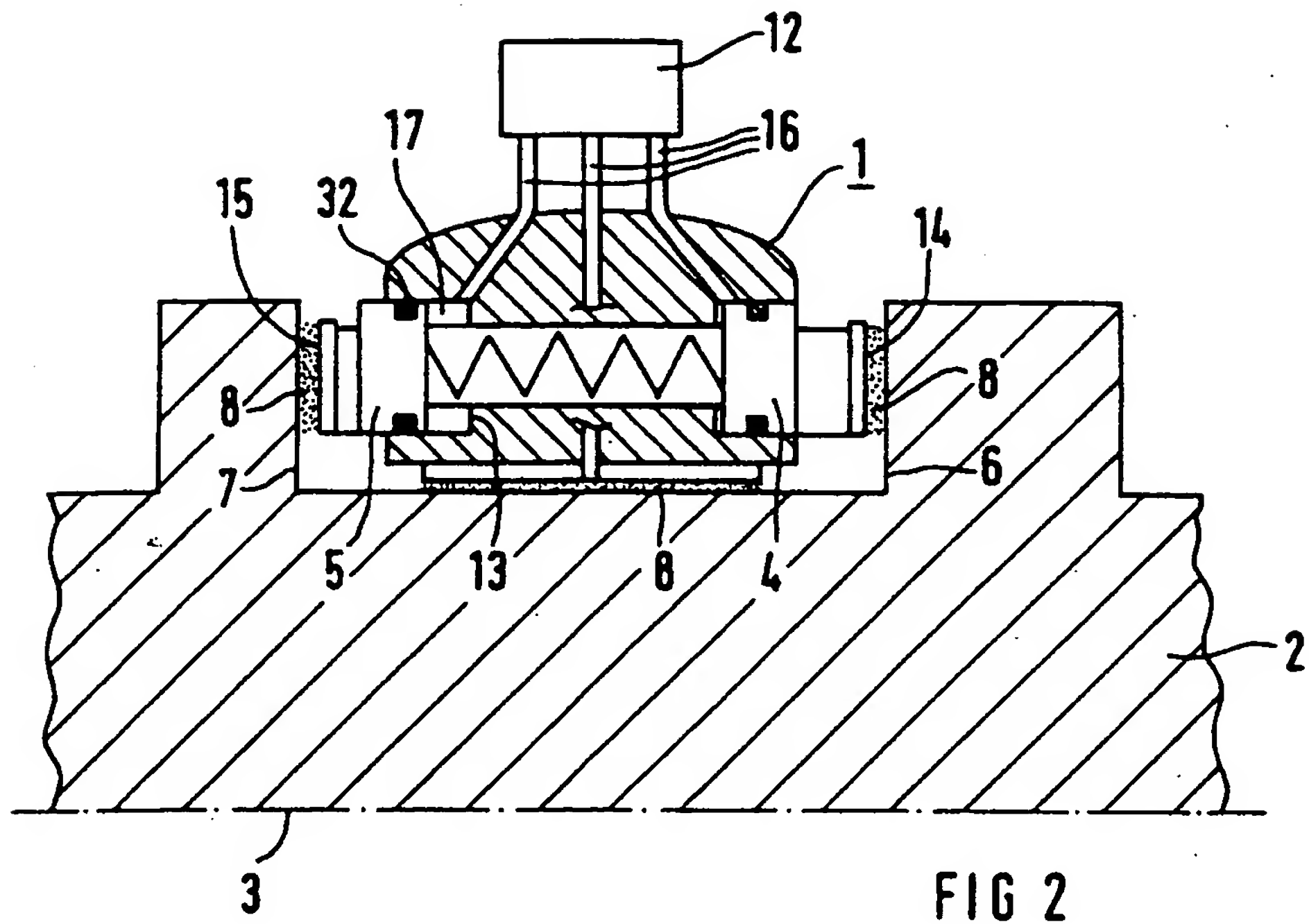


FIG 1

2/4



4/4

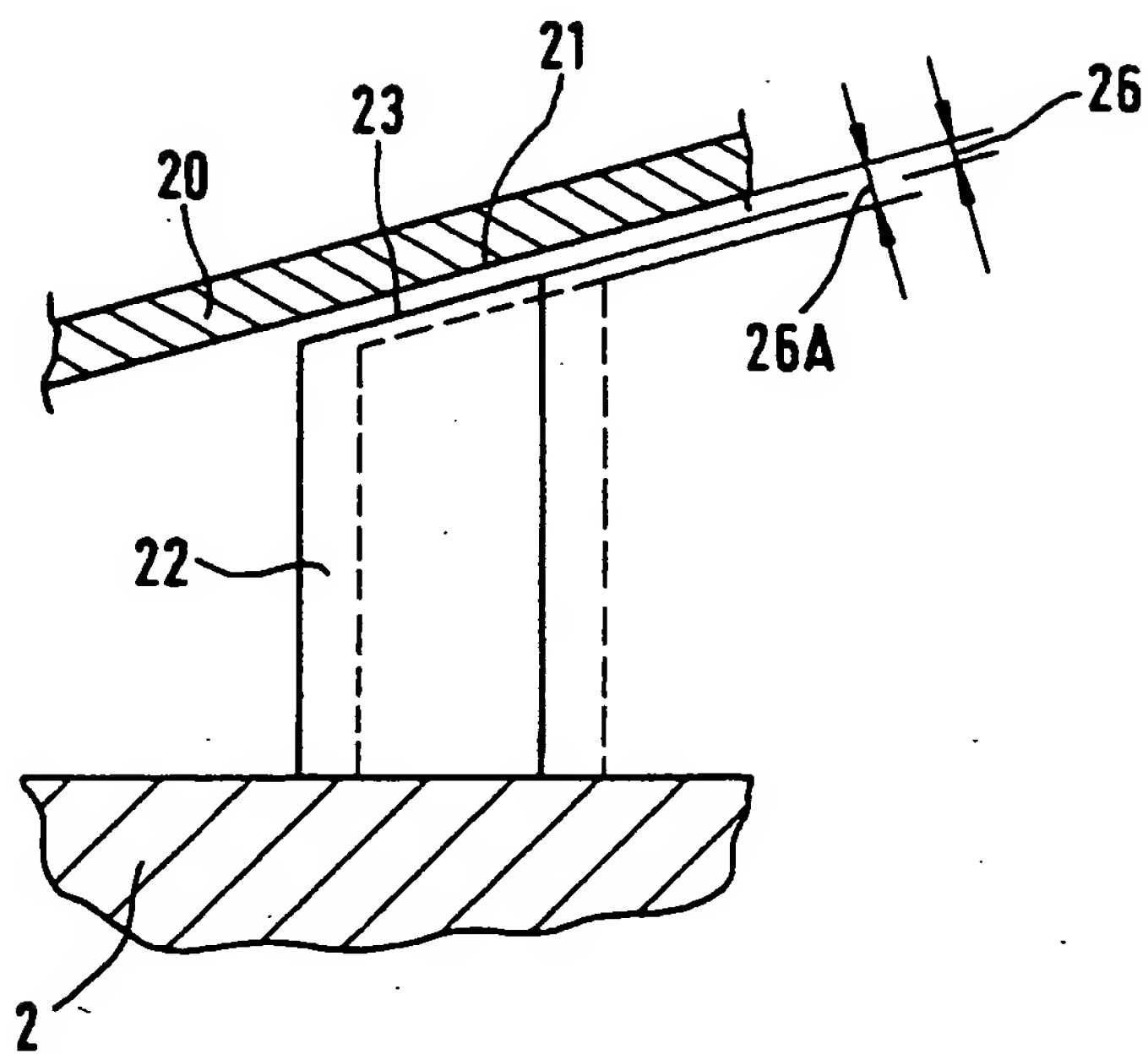


FIG 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Application No
PCT/DE 99/03488

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F01D11/22 F01D25/16 F16C32/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F01D F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 453 032 A (OBERLE ARTUR) 1 July 1969 (1969-07-01) column 2, line 15 - line 66 figures 1-3	1-3, 6-12
X	US 5 795 073 A (ROWLAND STEVE A ET AL) 18 August 1998 (1998-08-18) column 2, line 7 - column 3, line 21 figure 1	1-3, 6-10
Y		11-16
Y	US 1 895 003 A (MEYER) 24 January 1933 (1933-01-24) the whole document	11-16
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 March 2000

Date of mailing of the international search report

20/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Steinhauser, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Patent Application No
PCT/DE 99/03488

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 219 447 A (ARVIDSSON THOMAS) 15 June 1993 (1993-06-15) column 2, line 29 - line 59 column 3, line 45 - column 4, line 5 figure 1	1-3,6-10
X	GB 1 485 773 A (MANNESMANN AG) 14 September 1977 (1977-09-14) the whole document	1,2,6-10
X	SE 502 173 C (KVAERNER HYMAC INC) 4 September 1995 (1995-09-04) figure 2	1-3,6-10
A	US 4 309 144 A (EGGMANN JEAN ET AL) 5 January 1982 (1982-01-05) the whole document	1-16
A	DE 42 23 495 A (ASEA BROWN BOVERI) 20 January 1994 (1994-01-20) cited in the application the whole document	11-16
A	US 1 823 310 A (ALLEN) 15 September 1931 (1931-09-15) cited in the application page 2, line 66 - line 128 page 3, line 13 - line 51	11-16
A	US 5 330 320 A (MAANSSON MARTIN) 19 July 1994 (1994-07-19) cited in the application abstract figures 1,3	11-16
A	FR 2 722 836 A (SNECMA) 26 January 1996 (1996-01-26) cited in the application page 5, line 13 - line 24 figure 1	11-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/03488

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3453032	A	01-07-1969	GB 1152139 A	14-05-1969
US 5795073	A	18-08-1998	CA 2171823 A	23-03-1995
			WO 9508067 A	23-03-1995
			SE 9303078 A	18-03-1995
US 1895003	A	24-01-1933	NONE	
US 5219447	A	15-06-1993	SE 464370 B	15-04-1991
			CA 2021703 A,C	28-01-1991
			SE 8902604 A	28-01-1991
			WO 9102174 A	21-02-1991
GB 1485773	A	14-09-1977	DE 2357881 A	22-05-1975
			FR 2251744 A	13-06-1975
			NL 7413577 A	21-05-1975
			SE 7414316 A	20-05-1975
SE 502173	C	04-09-1995	SE 9304300 A	24-06-1995
US 4309144	A	05-01-1982	CH 633355 A	30-11-1982
			IT 1122347 B	23-04-1986
			JP 55024291 A	21-02-1980
			KR 8301267 A	30-06-1983
DE 4223495	A	20-01-1994	NONE	
US 1823310	A	15-09-1931	NONE	
US 5330320	A	19-07-1994	SE 470218 B	06-12-1993
			CN 1088655 A,B	29-06-1994
			DE 69303477 D	08-08-1996
			DE 69303477 T	28-05-1997
			EP 0633977 A	18-01-1995
			ES 2091602 T	01-11-1996
			FI 944551 A	30-11-1994
			JP 7505202 T	08-06-1995
			SE 9201061 A	02-10-1993
			WO 9320335 A	14-10-1993
FR 2722836	A	26-01-1996	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Abkürzungszeichen

PCT/DE 99/03488

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F01D11/22 F01D25/16 F16C32/06

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01D F16C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 453 032 A (OBERLE ARTUR) 1. Juli 1969 (1969-07-01) Spalte 2, Zeile 15 - Zeile 66 Abbildungen 1-3	1-3, 6-12
X	US 5 795 073 A (ROWLAND STEVE A ET AL) 18. August 1998 (1998-08-18) Spalte 2, Zeile 7 - Spalte 3, Zeile 21 Abbildung 1	1-3, 6-10
Y		11-16
Y	US 1 895 003 A (MEYER) 24. Januar 1933 (1933-01-24) das ganze Dokument	11-16
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. März 2000

Abmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

20/03/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Steinhauser, U

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/03488

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 219 447 A (ARVIDSSON THOMAS) 15. Juni 1993 (1993-06-15) Spalte 2, Zeile 29 - Zeile 59 Spalte 3, Zeile 45 - Spalte 4, Zeile 5 Abbildung 1	1-3,6-10
X	GB 1 485 773 A (MANNESMANN AG) 14. September 1977 (1977-09-14) das ganze Dokument	1,2,6-10
X	SE 502 173 C (KVAERNER HYMAC INC) 4. September 1995 (1995-09-04) Abbildung 2	1-3,6-10
A	US 4 309 144 A (EGGMANN JEAN ET AL) 5. Januar 1982 (1982-01-05) das ganze Dokument	1-16
A	DE 42 23 495 A (ASEA BROWN BOVERI) 20. Januar 1994 (1994-01-20) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	11-16
A	US 1 823 310 A (ALLEN) 15. September 1931 (1931-09-15) in der Anmeldung erwähnt Seite 2, Zeile 66 - Zeile 128 Seite 3, Zeile 13 - Zeile 51	11-16
A	US 5 330 320 A (MAANSSON MARTIN) 19. Juli 1994 (1994-07-19) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Abbildungen 1,3	11-16
A	FR 2 722 836 A (SNECMA) 26. Januar 1996 (1996-01-26) in der Anmeldung erwähnt Seite 5, Zeile 13 - Zeile 24 Abbildung 1	11-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/03488

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3453032 A	01-07-1969	GB 1152139 A	14-05-1969
US 5795073 A	18-08-1998	CA 2171823 A	23-03-1995
		WO 9508067 A	23-03-1995
		SE 9303078 A	18-03-1995
US 1895003 A	24-01-1933	KEINE	
US 5219447 A	15-06-1993	SE 464370 B	15-04-1991
		CA 2021703 A,C	28-01-1991
		SE 8902604 A	28-01-1991
		WO 9102174 A	21-02-1991
GB 1485773 A	14-09-1977	DE 2357881 A	22-05-1975
		FR 2251744 A	13-06-1975
		NL 7413577 A	21-05-1975
		SE 7414316 A	20-05-1975
SE 502173 C	04-09-1995	SE 9304300 A	24-06-1995
US 4309144 A	05-01-1982	CH 633355 A	30-11-1982
		IT 1122347 B	23-04-1986
		JP 55024291 A	21-02-1980
		KR 8301267 A	30-06-1983
DE 4223495 A	20-01-1994	KEINE	
US 1823310 A	15-09-1931	KEINE	
US 5330320 A	19-07-1994	SE 470218 B	06-12-1993
		CN 1088655 A,B	29-06-1994
		DE 69303477 D	08-08-1996
		DE 69303477 T	28-05-1997
		EP 0633977 A	18-01-1995
		ES 2091602 T	01-11-1996
		FI 944551 A	30-11-1994
		JP 7505202 T	08-06-1995
		SE 9201061 A	02-10-1993
		WO 9320335 A	14-10-1993
FR 2722836 A	26-01-1996	KEINE	

THIS PAGE BLANK (USPTO)